

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DA AREIA DE FUNDIÇÃO LIGADA QUIMICAMENTE COMO AGREGADO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO ¹

Márcia Elisa Jacondino Pretto ²

Patrícia Silveira Lovato ³

Angela Borges Masuero ⁴

Denise Carpena Coitinho Dal ⁵

Resumo

A indústria da fundição gera grande quantidade de resíduos, entre eles, as areias de fundição, que são excedentes das areias usadas na fabricação de machos e moldes. Inserindo-se no contexto da reciclagem de resíduos, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade da utilização da areia de fundição ligada quimicamente como agregado em argamassas de revestimento em diferentes teores de substituição da areia. Foram preparadas cinco argamassas mistas, uma como referência, preparada com areia natural, e as demais com os seguintes teores de substituição do agregado pelo resíduo: 25%, 50%, 75% e 100%. Todas foram preparadas na proporção em volume 1:2:9, fazendo-se a transformação dessa para traço em massa. Os ensaios realizados no estado fresco foram: determinação do índice de consistência e retenção de água. No estado endurecido, foram realizados os ensaios de determinação da resistência à tração na flexão, resistência à compressão, resistência de aderência à tração, absorção de água, índice de vazios e massa específica. Nos ensaios realizados no estado fresco, as argamassas preparadas com o resíduo apresentaram bom desempenho, pois a areia de fundição garantiu melhor coesão, o que levou a um menor consumo de água. No entanto, apesar de um menor consumo de água indicar um aumento nas resistências mecânicas, os resultados obtidos no estado endurecido não foram os esperados. Na análise dos resultados, vários aspectos também foram considerados como, por exemplo, forma e dimensão do grão do agregado. Ao final, faz-se uma série de sugestões para trabalhos futuros, pois o resíduo carece de mais estudos.

Palavras-chave: Resíduos; Reciclagem; Areia de fundição; Argamassas.

EVALUATION OF THE USE OF THE FOUNDRY SAND CHEMICALLY ATTACHED AS AGGREGATE IN COATING MORTARS

Abstract

The foundry industry generates a large amount of wastes, like the foundry sands. The goal of this research is evaluate the viability of use of the foundry sand chemically attached as aggregate in coating mortars, using differents contents of substitution of the natural sand. It was prepared five mixed mortars, one with natural sand, and the others with the following contents of substitution of the natural aggregate by the waste: 25%, 50%, 75% and 100%. All of them were prepared in the proportion in volume 1:2:9, being made the transformation of that for compositions in mass. The tests carried out in the fresh state were: determination of the consistence index and retention of water. In the hardened state, were evaluated the resistance to the traction on the press-up, resistance to the compression, resistance of adherence to the traction, water absorption, uncompacted index content and specific mass. In the tests carried out in the fresh state, the prepared mortars with the residue presented good performance, because the foundry sand guaranteed better cohesion, that resulted in a smaller consumption of water. However, in spite of a smaller consumption of water indicates an increase in the mechanical resistances, the results obtained in the hardened state weren't the expected. In the analysis of the results, several aspects were considered, like the form and dimension of the aggregate grain. At the end, it is made suggestions for future works, because the residue lacks of more studies.

Key words: Wastes; Recycling; Foundry sand; Mortars.

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Engenheira Civil. Mestranda NORIE/PPGEC/UFRGS. E-mail: marciaejp@gmail.com

³ Arquiteta e Urbanista. Mestranda NORIE/PPGEC/UFRGS. E-mail: pattisl@gmail.com

⁴ Engenheira Civil. Dr^a. Professora do NORIE/PPGEC/UFRGS. E-mail: bmasuero@cpgec.ufrgs.br

⁵ Engenheira Civil. Dr^a. Professora do NORIE/PPGEC/UFRGS. E-mail: dmolin@vortex.ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

Novas metas na prevenção de problemas ambientais, de poluição e geração de resíduos têm sido desenvolvidas nos últimos anos, impulsionadas pela questão do desenvolvimento sustentável. Uma preocupação refere-se aos resíduos gerados em qualquer atividade econômica industrial, seja ela de pequena ou grande escala.

A indústria da fundição é uma indústria que gera grande quantidade de resíduos, entre eles, as areias de fundição, que são excedentes das areias usadas na fabricação de machos e moldes. Algumas dessas areias recebem produtos químicos tóxicos durante o processo de fundição, necessitando um cuidado especial na sua disposição em aterros. Portanto, inserindo-se nesse contexto de reciclagem de resíduos, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade da utilização da areia de fundição ligada quimicamente como agregado em argamassas de revestimento. Para isso, serão avaliados diferentes teores de substituição do agregado, que serão comparados com a argamassa de referência, sem substituição.

Conforme Leidel (1996), citado por Ceccatto,⁽¹⁾ a areia constitui entre 60% e 80% dos resíduos gerados em toda a operação das fundições. Dependendo do sistema ligante adotado, pode-se distinguir dois tipos principais de areias de moldagem ou macharia, a “areia verde” e a “areia ligada quimicamente”. A areia verde possui como agente aglomerante a argila umedecida, contendo também uma parcela de materiais orgânicos, causada pelo emprego de aditivos ou pela incorporação de machos desagregados à areia recirculante. A areia ligada quimicamente corresponde aos moldes e machos que utilizam ligantes orgânicos, inorgânicos ou mistos. Os ligantes orgânicos são as resinas furânicas, fenólicas e uretânicas. O silicato de sódio e o cimento Portland correspondem aos ligantes inorgânicos. Já os ligantes mistos são as resinas fenólicas e alcalinas. A areia ligada quimicamente pode também conter aditivos inorgânicos, como por exemplo, o óxido de ferro.⁽²⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais Empregados

Para a produção das argamassas foram empregados os seguintes materiais: cimento Portland CP IV-32, cal hidratada em pó CH-III, areia natural proveniente do Rio Jacuí/RS, previamente lavada e seca, e o resíduo. O resíduo estudado foi areia de fundição proveniente do município de Gravataí/RS.

Baseando-se nos aspectos levantados sobre as areias de fundição geradas no local visitado, optou-se por trabalhar com a areia ligada quimicamente (Figura 1), que é uma mistura das areias Shell e CO₂, uma vez que estas areias não possuem nenhuma aplicação e seu destino usual são os aterros controlados. Ambas as areias recebem tratamento com resinas fenólicas.



Figura 1. Resíduo estudado – areia ligada quimicamente

2.2 Preparação das Argamassas

Foram preparadas cinco argamassas mistas correspondendo cada uma a um teor de substituição do agregado, sendo eles: 0%, correspondente à argamassa de referência, preparada somente com a areia natural; 25%; 50%; 75% e 100% de substituição do agregado natural pelo resíduo. Todas as argamassas foram preparadas na proporção em volume 1:2:9 (cimento:cal:areia seca), fazendo-se a transformação do proporcionamento para traço em massa.

As argamassas foram aplicadas sobre uma parede de alvenaria com dimensões de 1,0x1,0 m, para a realização do ensaio de resistência de aderência à tração. A espessura do revestimento foi de 2 cm e o substrato não recebeu chapisco nem foi umedecido. Cabe salientar que as argamassas 25% e 75% apresentaram uma certa dificuldade em aderir ao substrato, sendo que a argamassa 75% não aderiu em toda a área aplicada.

Para a execução dos demais ensaios foram moldados cinco corpos-de-prova prismáticos com dimensões de 4x4x16 cm, para cada argamassa, sendo três para a determinação de resistência à tração na flexão e resistência à compressão, e dois para a determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

2.3 Ensaio

As argamassas foram submetidas a ensaios no estado fresco e no estado endurecido, apresentados a seguir:

- Determinação do índice de consistência, de acordo com o prescrito na NBR 13276;⁽³⁾
- Determinação da retenção de água, segundo a NBR 13277;⁽⁴⁾
- Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão aos 28 dias de idade, de acordo com o projeto da norma NBR 13279;⁽⁵⁾
- Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, de acordo com a NBR 9778⁽⁶⁾ e
- Determinação da resistência de aderência à tração, realizada de acordo com a NBR 13528.⁽⁷⁾

2.4 Desmoldagem dos Corpos-de-prova

Os corpos de prova foram mantidos em ambiente de laboratório até o momento do ensaio e desmoldados somente aos 27 dias de idade, pois não apresentavam endurecimento adequado em idades inferiores, tendo sido desmoldados após 48 horas de idade somente os corpos-de-prova da argamassa de referência (0%). Ao

serem desmoldados, aos 27 dias de idade, os corpos-de-prova apresentaram dificuldade em serem retirados das fôrmas, percebeu-se que o desmoldante parece ter reagido com o fenol presente na areia de fundição, ficando com aspecto esbranquiçado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A correlação entre os valores de retenção de água, que foram praticamente iguais, e a relação água/aglomerante, que foi diminuindo à medida que o teor de substituição do agregado foi aumentando, estão mostradas na Figura 2. Nela também se encontram os índices de consistência atingidos, entre 240 e 260 mm, com exceção da argamassa 100%, que por conter somente areia de fundição ligada quimicamente, uma maior adição de água acarretaria em segregação da argamassa.

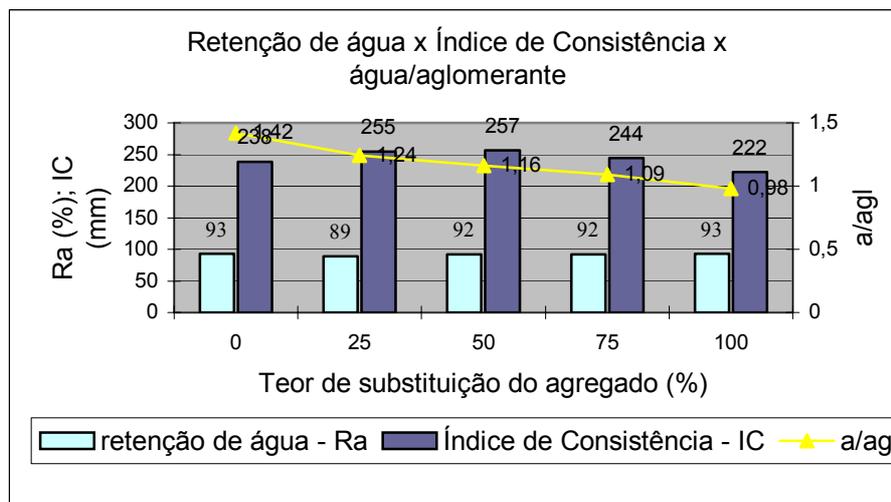


Figura 2. Retenção de água x índice de consistência x água/aglomerante

Portanto, podemos dizer que para uma mesma consistência, as argamassas tiveram a mesma retenção de água, apesar do fator água/aglomerante ter diminuído à medida que o teor de substituição do agregado foi aumentado. O que confirma que as argamassas preparadas com resíduo apresentaram uma melhor retenção de água.

Tristão⁽⁸⁾ salienta que a retenção de água nas argamassas de revestimento interfere no tempo disponível de aplicação, regularização e desempenho da argamassa. Esta propriedade também influencia em algumas propriedades do estado endurecido pois afeta as condições de hidratação do cimento e a carbonatação da cal que são os responsáveis pela evolução do endurecimento da argamassa. Como a retenção interfere na velocidade de evaporação da água de amassamento, também influi na retração por secagem das argamassas.

Por outro lado, a diminuição no teor água/aglomerante e a redução do traço em massa em relação à maior substituição do agregado, não contribuiriam para uma melhora das resistências mecânicas, como pode ser observado na Figura 3.

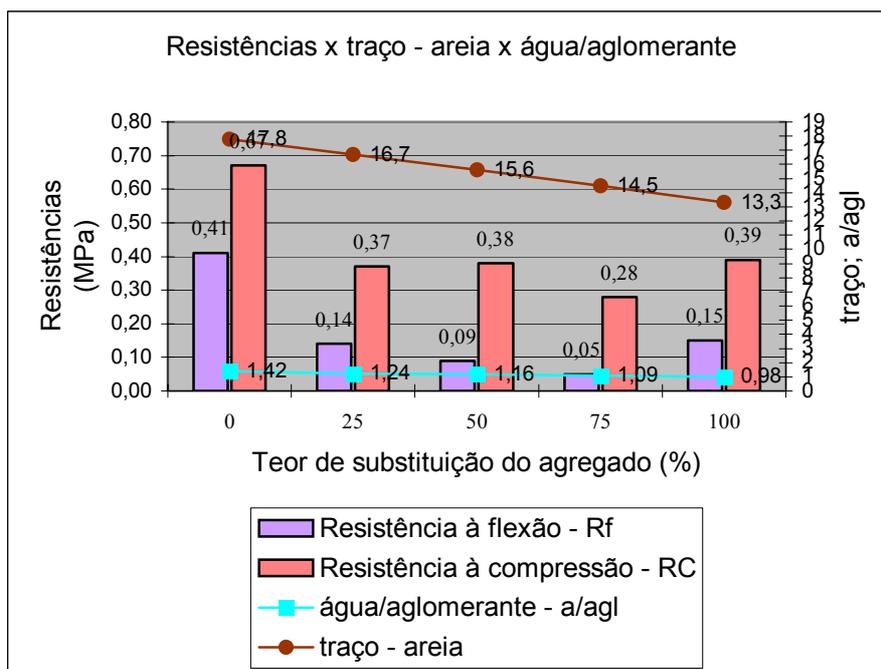


Figura 3. Resistências x traço x água/aglomerante

O comportamento da resistência à tração foi o mesmo da compressão, maior para a argamassa preparada com areia natural e inferior para as argamassas com substituição do agregado pelo resíduo. O comportamento mecânico das argamassas não foi o esperado, pois a diminuição na quantidade de areia, o que torna o traço mais rico, e a diminuição da relação água/aglomerante, que torna a argamassa mais compacta, com menor porosidade, não geraram argamassas mais resistentes em relação à argamassa de referência.

As resistências estão correlacionadas com a quantidade de poros da argamassa, que por sua vez se correlacionam com a absorção e o índice de vazios. Sabe-se que a absorção está relacionada com o índice de vazios e este, por sua vez, guarda relação com o fator a/c. Espera-se que maiores fatores água/aglomerante impliquem em maiores índices de vazios e, conseqüentemente, maior absorção. No entanto, não é o que se verifica nas Figuras 4 e 5.

Também se percebe na Figura 5, que as argamassas com substituição do agregado mostraram-se mais favoráveis à absorção de água que a argamassa de referência (0%), produzida com areia natural para a argamassa com areia de fundição ligada quimicamente, da maior para a menor relação água/cimento. Atribui-se esse comportamento a granulometria do resíduo que é menos contínua, o que contribui para a maior criação de poros.

As densidades das argamassas preparadas com o resíduo confirmam os resultados das resistências, pois à medida que o teor de substituição do agregado vai aumentando, as massas específicas vão diminuindo. Isso demonstra menor compactidade da mistura agregado/aglomerante das argamassas produzida com areia de fundição ligada quimicamente. As reduções das massas específicas, observadas na Figura 6, quando da substituição do agregado natural por resíduo, são justificadas pelo fato dessas substituições terem sido feitas em volume, pois o resíduo tem massa unitária menor que a da areia natural, o que leva, conseqüentemente, à obtenção de argamassas menos densas.

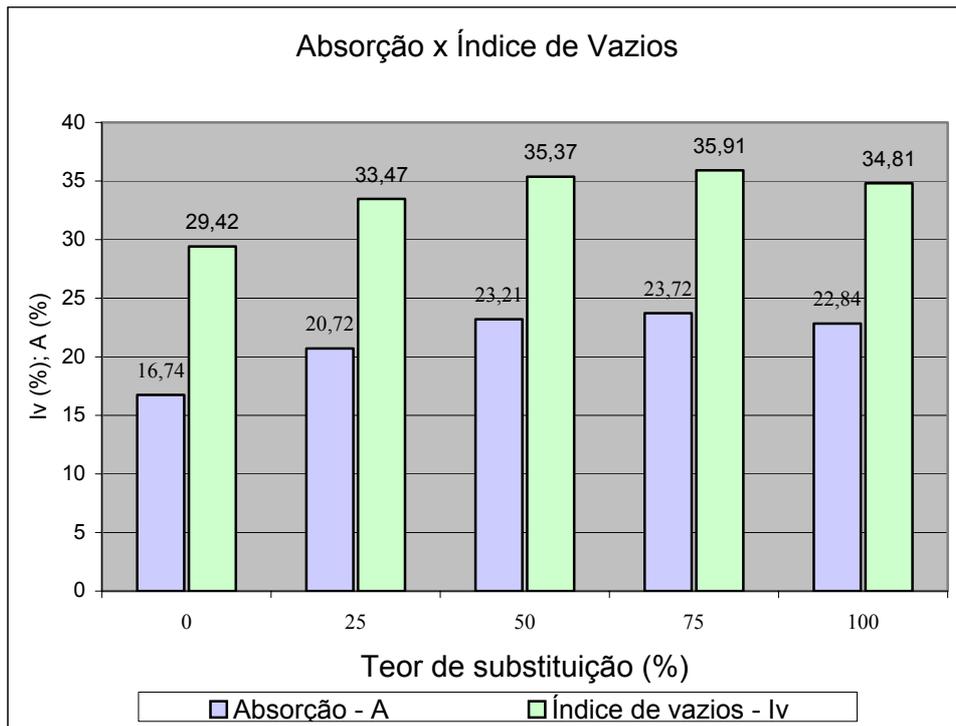


Figura 4. Absorção x índice de vazios

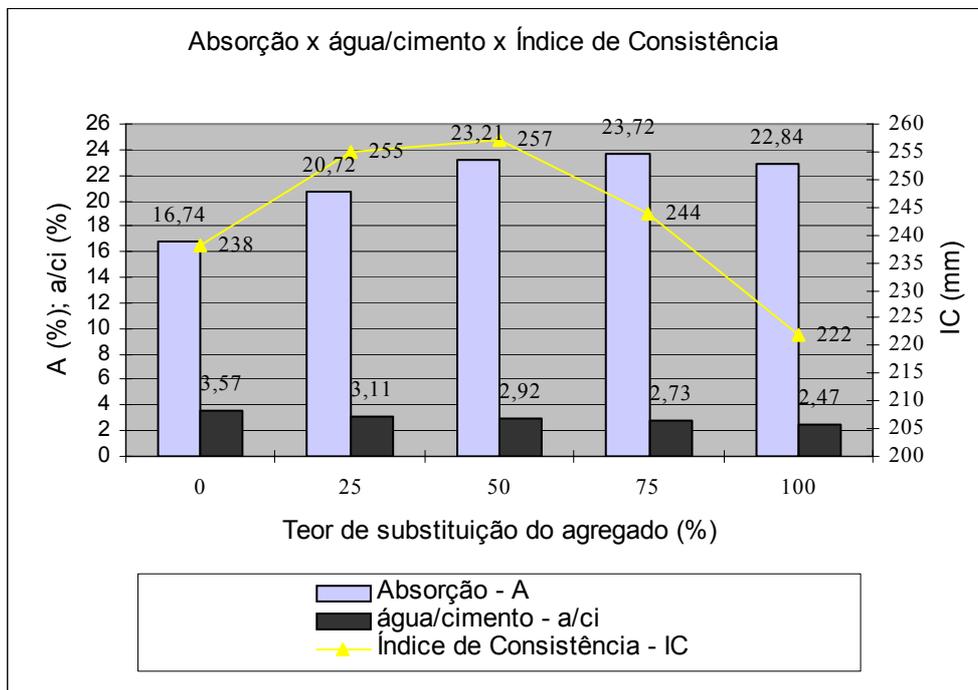


Figura 5. Absorção x água/cimento x índice de consistência

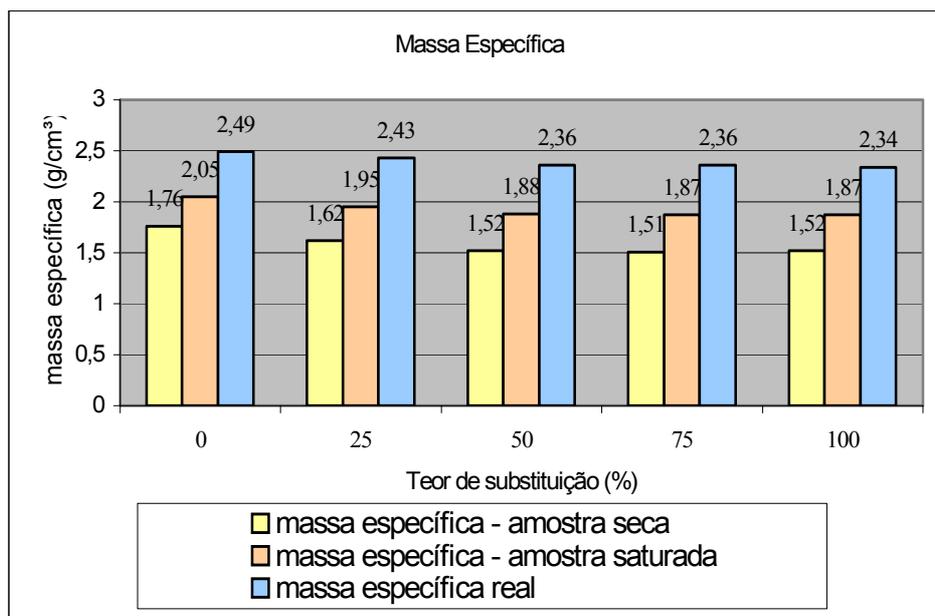


Figura 6. Absorção x água/cimento x índice de consistência

A uniformidade da areia assume um papel importante, pois enquanto areias uniformes com elevados teores de finos exigem altos consumos de água para se obter trabalhabilidade, o mesmo não ocorre em areias não uniformes. O aumento do coeficiente de uniformidade do agregado, o torna mais compacto e, correspondentemente, aumenta sua massa unitária e diminui a relação aglomerante/agregado da argamassa.

Ainda com relação a granulometria da areia, segundo Gallegos (1989), citado por Casali e Prudêncio Jr.,⁽⁹⁾ há evidências de que as areias grossas aumentam a resistência à compressão e produzem argamassas ásperas, enquanto que as areias muito finas reduzem a resistência à aderência. Sabbatini (1986), citado pelos mesmos autores,⁽⁹⁾ recomenda que a areia deve apresentar granulometria contínua e ser classificada como média (módulo de finura entre 1,8 e 2,8).

Portanto, assim como a granulometria influenciou na absorção e nas resistências à tração na flexão e à compressão, também pode ter influenciado na resistência de aderência das argamassas de revestimento. A Tabela 1, mostra a tensão e forma de ruptura, bem como a espessura do revestimento.

Analisando-se a Tabela, percebe-se que todas as argamassas apresentaram resistência de aderência inferiores aos valores preconizados pela NBR 13528.⁽⁷⁾ As baixas resistências de aderência também foram observadas em outras pesquisas, de acordo com Paes et al.,⁽¹⁰⁾ e inclusive em seu próprio trabalho realizado com argamassas mistas preparadas com traços mais ricos e iguais a 1:0,73:9,27 (1:1,24:6,82, em volume) e 1:1,06:9,27 (1:1,80:6,82, em volume) e relação água/cimento de 1,97 e 1,94, e aplicadas sobre blocos cerâmicos.

Comparando-se as resistências obtidas com a argamassa de referência com as demais argamassas, observa-se que os valores das resistências praticamente não foram alterados, mas a forma de ruptura que na argamassa de referência foi quase que totalmente na argamassa, para as argamassas preparadas com o resíduo, a ruptura se deu em maior parte na interface argamassa/substrato.

Tabela 1. Resistência de aderência à tração

CP	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)			e (mm)
			Montagem do equipamento	argamassa	Interface argamassa/substrato	
0	1	11	0,03	100	—	—
	2	20	0,05	—	95	5
	3	29	0,07	—	95	5
25	1	20	0,05	—	10	90
	2	52	0,13	—	5	95
	3	16	0,04	—	5	95
	4	16	0,04	—	10	90
	5	29	0,07	—	—	100
	6	11	0,03	100	—	—
50	1	20	0,05	—	15	85
	2	16	0,04	—	—	100
	3	16	0,04	—	—	100
75	1	16	0,04	—	5	95
	2	16	0,04	—	5	95
	3	11	0,03	100	—	—
100	1	57	0,14	—	5	95
	2	20	0,05	—	40	60
	3	20	0,05	—	20	80

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A areia de fundição ligada quimicamente, produziu argamassas com menor exigência de água, menor retenção de água, maior teor de ar incorporado, maior absorção de água, menor massa específica e menores resistências à compressão, à tração na flexão e de aderência que argamassas com areia natural.

Com base nas discussões apresentadas, verificamos que a granulometria pouco contínua e a finura do resíduo, que é menor que a do agregado natural, pouco influenciou nos resultados, se levarmos em consideração todos os aspectos analisados, desde o período de cura, desmoldagem, comportamento durante os ensaios e obtenção dos resultados.

Portanto, não há, para esses resultados, relação direta com as características apresentadas pelas argamassas no estado fresco. O comportamento apresentado pelas argamassas preparadas com a areia de fundição, em relação à argamassa preparada com a areia natural deve-se, provavelmente, ao fenol presente no resíduo, que deve ter reagido com componentes das reações de hidratação do cimento ou atuou de forma a impedir tais reações. Dessa forma se faz necessário

uma análise mais aprofundada do comportamento das resinas presente no resíduo quando misturada a materiais reagentes hidráulicos, como o cimento e a cal.

Compreendendo-se melhor esse comportamento, pode-se tornar viável o uso deste resíduo, sem a necessidade de calcina-lo, o que acarretaria gasto energético e emissões gasosas poluentes ao meio ambiente, através da neutralização do reagente ativo das resinas da areia de fundição.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se que sejam feitas uma análise granulométrica dos agregados utilizados e a peneiração de ambos, a fim de se eliminar a variável finura. Outra questão importante diz respeito ao grau de esfericidade das partículas e o índice de forma, que deveriam ser analisados, para a confirmação das hipóteses da influência da forma mais arredondada do agregado.

Convém também salientar que devido às argamassas preparadas com o resíduo terem apresentado um endurecimento mais demorado, indicando retardo nas reações de pega, ou até mesmo a anulação das mesmas, seria interessante fazer uma análise do calor de hidratação e dos tempos de pega do cimento.

REFERÊNCIAS

- 1 CECCATTO, D. M. **Avaliação da utilização de escória granulada de fundição (EGF) como substituição de parte do cimento em concreto:** propriedades mecânicas. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 2 ABIFA. **Manual de regeneração e reuso de areias de fundição.** São Paulo: ABIFA, 1999.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.
- 4 _____. **NBR 13277:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.
- 5 _____. **Projeto NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2004.
- 6 _____. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- 7 _____. **NBR 13528:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.
- 8 TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento.** 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- 9 CASALI, J. M.; PRUDÊNCIO Jr., L. R. Influência da quantidade de cal e da granulometria nas propriedades das argamassas mistas de assentamento de blocos de concreto de alvenaria estrutural. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos...**
- 10 PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. Influência da estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos...**